

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sumber Listrik PLN

Setiap rumah yang dialiri listrik pasti dilengkapi Meter Listrik dan MCB (*Miniature Circuit Breaker*) yang dipasang oleh pihak PLN. Fungsi Meter Listrik adalah mengukur berapa besarnya Arus Listrik yang digunakan untuk dapat menghitung tagihan listrik. Sedangkan MCB merupakan singkatan dari *Miniature Circuit Breaker* atau yang sering disebut dengan Breaker adalah alat yang berfungsi untuk membatasi arus listrik yang digunakan dan sebagai pengaman dalam Instalasi Listrik. Sebagai pengaman, MCB akan secara otomatis memutuskan arus listrik jika terjadi hubungan singkat (*Short Circuit*) dan memutuskan aliran listrik apabila penggunaan daya listrik melebihi batas yang telah ditentukan.

PLN akan memasang Kapasitas MCB sesuai dengan batasan Daya Listrik yang diminta oleh pelanggan. Dapat dilihat setiap batasan arus yang digunakan melalui tulisan Ampere (Satuan Arus Listrik) yang tertera di MCB. Contohnya 2A, 4A, 6A, 10A, 16A, 20A dan lain sebagainya. Untuk meng-konversi Arus Listrik ke Daya Listrik, diperlukan perhitungan berdasarkan Rumus dibawah ini :

$$P = V \times I$$

Dimana :

P = Daya Listrik dengan satuan Watt (W)

V = Tegangan Listrik dengan satuan Volt (V)

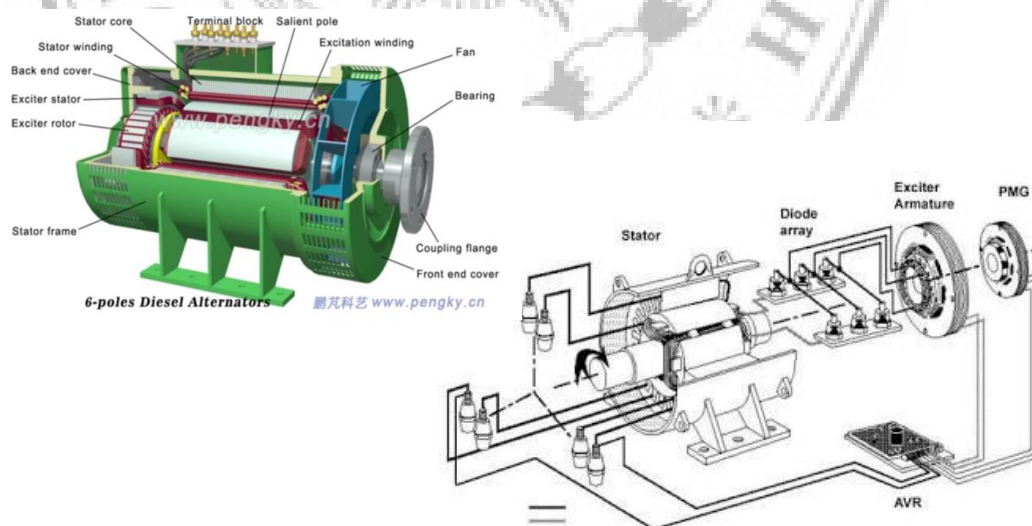
I = Arus Listrik dengan satuan Ampere (A)

Pada umumnya PLN menyediakan beberapa pilihan standar Daya Listrik, diantaranya yaitu 220VA (1A), 450VA (2A), 900VA (4A), 1300VA (6A), 2200VA (10A), 3500VA (16A), 4400VA (20A), 5500VA (25A) dan seterusnya. Yang perlu diperhatikan dalam pemakaian Daya Listrik yaitu semakin tinggi Daya yang dipakai maka semakin tinggi juga biaya Beban Listrik yang dikenakan pelanggan. Karena itu pemasangan Daya Listrik disesuaikan dengan kebutuhan Beban. Apabila Beban melebihi batas dari ukuran Daya Listrik yang digunakan

maka Beban akan mengalami kekurangan arus listrik dan akibatnya adalah sering loncatnya MCB (Breaker Listrik), apabila MCB sering mengalami konsleting hal ini dapat merusak peralatan listrik yang digunakan.[7]

2.2 Generator Set (Genset)

Genset merupakan perangkat kombinasi antara pembangkit listrik (Generator) dan mesin penggerak yang digabung dalam satu set unit untuk menghasilkan tenaga listrik. Mesin penggerak genset pada umumnya merupakan mesin pembakaran internal berupa motor/mesin diesel menggunakan bahan bakar solar dan mesin dengan bahan bakar bensin. Sedangkan generator merupakan perangkat yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Prinsip kerja dari generator menggunakan prinsip percobaan Faraday, yaitu menggerakkan atau memutar magnet dalam kumparan atau sebaliknya. Ketika magnet digerakan dalam kumparan, maka akan terjadi perubahan fluks gaya magnet (perubahan arah dari penyebaran medan magnet) didalam kumparan dan menembus tegak lurus terhadap kumparan, sehingga terjadi beda potensial antara ujung – ujung kumparan hingga terjadi Gaya Gerak Listrik (GGL) [2]. Bentuk generator pada genset dapat dilihat pada gambar 2.1.



Gambar 2.1 Generator Genset

Komponen utama genset dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

1. Mesin / *engine*

Merupakan input sumber energi mekanik dari generator. Ukuran pada mesin Genset berbanding lurus dengan output daya maksimum yang dapat dihasilkan oleh generator. Ada beberapa faktor mengenai mesin dalam pengoperasiannya yaitu, spesifikasi pada mesin, jam maksimal operasionalnya, serta jadwal perawatan pada mesin. Terdapat beberapa macam bahan bakar yang digunakan genset diantaranya seperti solar, bensin, propana atau gas alam. Mesin yang kecil biasanya beroperasi dengan bahan bakar bensin, sementara mesin yang besar beroperasi dengan bahan bakar solar, propana cair, propana gas atau gas alam. Mesin tertentu juga dapat beroperasi pada dua jenis bahan bakar misalnya solar dan gas yang disebut *bi-fuel*.

2. Alternator

Bagian genset yang berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi listrik. Bagian alternator berisi kumpulan bagian stasioner dan bagian yang bergerak, dan bagian – bagian ini terbungkus dalam satu frame. Komponen - komponen tersebut bekerja sama hingga menyebabkan terjadinya pergerakan yang relatif antara medan magnet dan listrik, dimana pada saat gilirannya menghasilkan arus listrik.

3. Sistem Bahan Bakar

Merupakan sistem yang berfungsi sebagai penyimpan bahan bakar (tangki bahan bakar), menyalurkan bahan bakar ke mesin, dan mengkabutkan bahan bakar ke mesin sebagai tenaga mesin .[3]

4. Regulator Tegangan

Bagian genset yang berfungsi mengatur, dan mengontrol tegangan yang keluar dari main stator. Sistem ini berdasarkan prinsip umpan balik / *feed back* dimana output termonitor agar dapat mengontrol input hingga terjadi keseimbangan antara tegangan yang keluar dengan tegangan referensi. Sehingga output tegangan yang dihasilkan generator selalu konstan dengan berbagai level beban.[4]

5. Sistem Pendingin dan Saluran Pembuangan Uap

Penggunaan genset dalam waktu yang cukup lama dapat menyebabkan komponennya menjadi cepat panas dan bahkan mesin dapat mengalami panas yang berlebih atau *overheating*. Karena itu dibutuhkan sistem pendingin yang berfungsi untuk menstabilkan temperatur komponen – komponen pada genset selama penggunaannya. Saluran pembuangan uap digunakan untuk membuang sisa pembakaran dari bahan bakar mesin genset.

6. Sistem Pelumas

Genset terdiri dari mesin - mesin yang beroperasi pada tempatnya. Sehingga dibutuhkan pelumas untuk membuat mesin menjadi lebih awet dan pergerakan mesin lebih halus, meskipun penggunaan Genset beroperasi dalam waktu yang cukup lama.

7. Sistem Pengisian Baterai

Bagian dari Genset yang berfungsi mengisi baterai aki atau disebut dengan *alternator charging*. Sistem ini bekerja saat mesin telah berjalan dan tegangan keluaran *alternator charging* akan disearahkan menjadi tegangan DC. Tegangan DC dari *alternator* dikontrol oleh regulator serta mengatur eksitasi *alternator charging*. Regulator ini berfungsi mengatur arus pengisian aki supaya tidak berlebihan. Jika aki belum penuh , maka alternator akan mengisi arus dengan laju arus yang cukup besar dan akan mengurangi laju arus pengisian jika aki sudah penuh.[2]

2.2.1 Sistem Kerja Genset

Genset merupakan sumber listrik cadangan yang menghasilkan tenaga listrik dengan dorongan dari tenaga mekanik. Pada saat genset ON maka mesin akan menyala dan memutar poros stator. Bangkitnya tegangan dimulai pada PMG (*Permanent Magnet Generator*) stator. PMG stator mendapat perpotongan flux magnetik dari magnet permanen PMG rotor. Lilitan dari stator PMG mengeluarkan tegangan berkisar 170 – 220 Vac dengan frekuensinya 100 Hz.

Tegangan stator masuk ke AVR sebagai catu daya eksiter. Tegangan Dari AVR akan masuk ke stator eksiter dengan tegangan berkisar antara 13 - 60 Vdc dengan arus 0,5 - 3,7 Amp. Medan magnet yang terbentuk kedalam stator eksiter memberikan potongan garis-garis gaya magnet ke rotor eksiter. Dalam rotor eksiter terbangkit tegangan AC. Tegangan rotor disearahkan dengan rotating diode dan terbentuk tegangan DC, selanjutnya main rotor membentuk kutub tetap. Karena perputaran dari poros generator maka *mains winding* generator akan terinduksi oleh magnet dari main rotor hingga terbangkitlah tegangan dari lilitan stator. Tegangan dari main stator dihubungkan dengan *isolation transformer* dengan perbandingan tegangannya 2:1 yaitu 480/240 Vac. Tegangan keluaran dari trafo isolasi dihubungkan dengan AVR sebagai input dari sensing tegangan. Tegangan ini akan dibandingkan dengan tegangan referensi AVR, jika perbandingan tegangan trafo isolasi dengan tegangan referensi lebih kecil maka AVR akan otomatis menambah jumlah arus dengan menaikkan tegangan ke eksiter stator hingga tercapai keadaan sama dengan tegangan referensi. Sebaliknya, apabila perbandingannya lebih besar maka AVR akan menurunkan jumlah arus dengan menurunkan tegangan ke stator eksiter hingga tercapai tegangan sama dengan tegangan referensi. Dengan bertambahnya beban maupun menurunnya beban, AVR akan mengatur secara otomatis jumlah arus yang disuplai ke eksiter stator. Sehingga output tegangan dari Genset selalu dalam keadaan stabil.

2.2.2 Kapasitas Genset

Pada dasarnya, setiap Genset didesain untuk mensuplai beban sesuai dengan kapasitas Genset. Apabila genset dipaksa menanggung jumlah Daya Beban yang lebih besar dari kapasitas Genset maka Genset akan *shutdown*, dan apabila terlalu sering menerima Beban berlebih maka komponen Genset akan cepat rusak. Pada umumnya kapasitas Genset yang dipakai berkisar antara 100 kVA sampai 10.000 kVA. Sedangkan untuk kapasitas Beban dengan daya listrik yang cukup besar maka memerlukan Genset dengan kapasitas yang lebih besar pula.

Satuan untuk mengukur kapasitas faktor daya genset dilihat dari besaran kVA (kiloVolt Ampere) dan kW (kiloWatt). Perbedaan faktor daya kVA dan kW. Jika kVA merupakan kapasitas semu genset, yaitu daya nyata dari mesin yang

ditambahkan dengan daya aktif power, dimana daya aktif power dibentuk oleh generator. Sedangkan kW yaitu satuan dari nilai daya nyata yang dihasilkan dari konversi energi daya atau kemampuan saat mesin beroperasi. Acuan untuk menentukan daya genset menggunakan satuan kW, dengan penjelasan 1kW = 1000 Watt. Kapasitas genset bisa dilihat dari ukuran kVA, nilai baku dari 1kVA = 0,8 kW (800 Watt). Genset memerlukan bahan bakar saat beroperasi, apabila bahan bakar genset habis maka genset akan *shutdown*. Untuk menghitung pemakaian bahan bakar genset, yaitu dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Rumus : } k \times P \times t$$

Dimana :

$k = 0,21$ (faktor ketetapan konsumsi bahan bakar per kilowatt per jam)

P = Daya genset (kVA)

t = Waktu (jam)

2.3 *Programmable Logic Control (PLC)*

PLC merupakan rangkaian elektronik digital yang dapat mengerjakan berbagai fungsi kontrol pada levelnya dengan skala yang kompleks. Konsep PLC dapat dijabarkan dari nama perangkat ini yaitu :

1. *Programmable*, menunjukkan kemampuan dalam hal memori yaitu menyimpan program kontrol yang dibuat serta dapat merubah fungsi maupun kegunaan program yang dibuat.
2. *Logic*, menunjukkan kemampuan memproses input output secara aritmatik dan *logic* (ALU), yaitu melakukan operasi seperti menjumlahkan, membandingkan, mengurangi, mengalikan, membagi, dan sebagainya secara *logic*.
3. *Controller*, menunjukkan kemampuan mengontrol maupun mengatur proses hingga menghasilkan output yang diinginkan.

Definisi dari PLC yaitu sebuah kontroler yang dapat diprogram dan menyimpan instruksi-instruksi untuk menjalankan rancangan yang dibuat berdasarkan fungsi dari prosesnya seperti: *timing*, *sekuens*, logika, aritmatika, dan

counting untuk mengontrol output yang diinginkan. PLC dapat mengontrol proses output secara terus-menerus sesuai proses dari program yang diinputkan. Berikut dapat dilihat gambaran bentuk dari PLC:

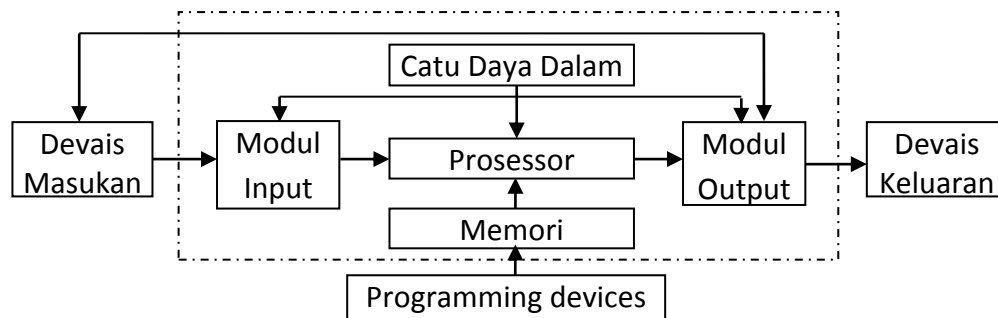


Gambar 2.2 Kontroler Programmable Logic Control (PLC)

PLC pada gambar diatas merupakan PLC tipe CP1E dimana power suplai satu set di dalam PLC, power suplai terdapat pada pin terminal input L1 dan L2 dengan tegangan 220-240 Vac. PLC disebut juga sebagai *smart relay*, hal itu karena PLC merupakan kumpulan dari relay-relay dengan memori yang dapat dimasukan program dan CPU sebagai otaknya. Pemrograman pada PLC dapat dioperasikan dengan perangkat lunak khusus sesuai dengan standar dan tipe PLC yang digunakan.

2.3.1 Prinsip Kerja PLC

Berdasarkan uraian dari definisi PLC bahwa, PLC dapat bekerja sesuai dengan program yang dimasukan berdasarkan I/O pada PLC hingga terbentuk suatu proses *plant* dalam satu kontroler PLC. Prinsip dasar sistem kerja dari PLC diperlihatkan pada gambar berikut :

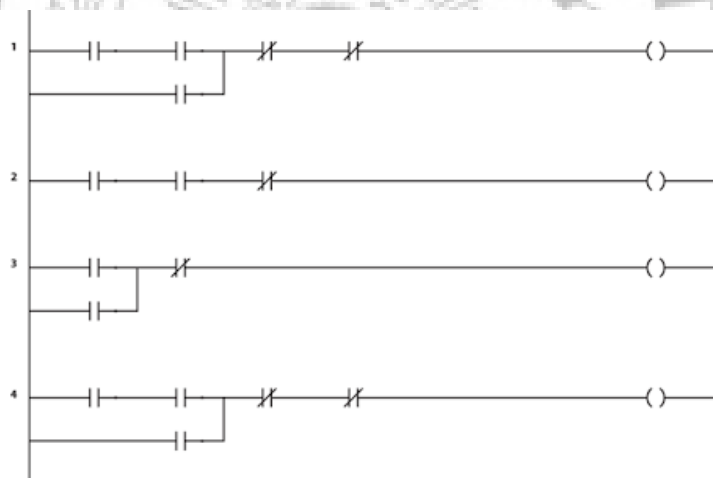


Gambar 2.3 Blok Diagram Prinsip Kerja PLC

Power suplai PLC OMRON dengan tipe CP1E menggunakan catu daya dalam dengan masukan tegangan 220-240 Vac. Modul input output PLC mempunyai pengalamatan dengan kode 01,02,03, dan seterusnya, dimana masing-masing mempunyai alur positif dijadikan satu dengan satu terminal COM. Alur negatif juga dapat dijadikan satu apabila terminal digital mendapat alur positif. Devais keluaran merupakan komponen-komponen yang di kontrol PLC dan devais input merupakan komponen-komponen yang dijadikan input PLC. *Programming devices* merupakan sebuah perangkat komputer untuk memasukan program PLC.

2.3.2 Pemrograman PLC

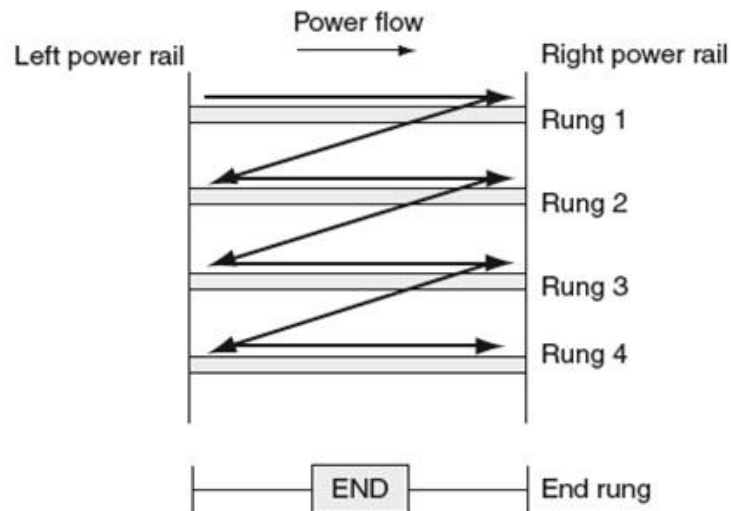
Program yang dapat dimasukkan pada PLC OMRON dengan tipe CP1E menggunakan program jenis ladder diagram atau disebut juga dengan diagram tangga. Ladder diagram merupakan skema khusus yang digunakan untuk mendokumentasikan sistem secara logika kontrol. Contoh ladder diagram diperlihatkan pada gambar berikut :



Gambar 2.4 Contoh Ladder Diagram

Penggambaran ladder atau memprogram ladder pertama-tama harus diperhatikan input outputnya. Dimana pada pemrograman garis vertikal sebelah kiri merupakan sisi positif dari sumber tegangan, sedangkan garis vertikal sebelah kanan merupakan sisi negatif tegangan. Setiap baris mewakili satu proses alur sistem. Setiap baris diawali dengan input dan diakhiri dengan satu buah output. I/O pada pin terminal PLC disesuaikan dengan alamat address pada program ladder.

Ada beberapa kontak yang mempunyai alamat address yang sama, dimana alamat tersebut akan aktif secara bersamaan. pembacaan ladder diagram dimulai dari kiri ke kanan dan dari atas ke bawah. Cara pembacaan ladder diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.5 Pembacaan Ladder Diagram

Pemrograman PLC dengan ladder diagram menggunakan kontak sebagai penghubung maupun pemutus dalam logika program dari kiri ke kanan. Kontak ladder mempunyai 2 kondisi yaitu, *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Dimana dalam kondisi kontak NO yang berarti kontak belum aktif, sebaliknya jika kondisi kontak NC berarti kontak tertutup/aktif. Contoh kontak aktif maupun tidak aktif dalam program ladder diperlihatkan pada gambar 2.6.

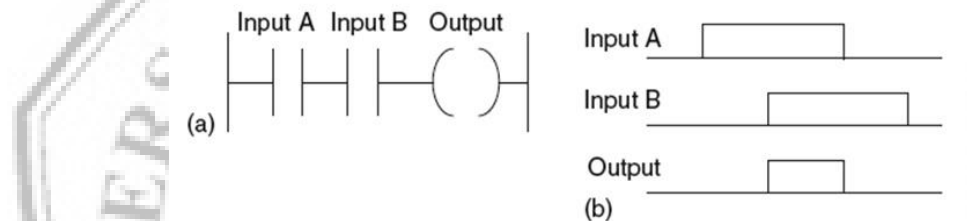


Gambar 2.6 Contoh Kontak Ladder Diagram Aktif dan Tidak Aktif

Gambar 2.6 menunjukkan kontak menyala berwarna hijau dalam kondisi aktif, sedangkan kontak dalam keadaan mati menunjukkan kontak dalam keadaan tidak aktif. Saat kontak NO pada alamat 0.00 diaktifkan maka akan mengaktifkan kontak output 1.00. dalam hal ini kontak dengan alamat address 1.00 aktif, maka kontak dengan alamat yang sama juga akan aktif. kondisi pengendalian pada ladder diagram mempunyai beberapa keadaan, sehingga kondisi output dapat aktif sesuai kondisi yang diharapkan. Situasi seperti ini melibatkan logika pemrograman seperti logika AND, logika OR, dan logika NOT.

a) Logika AND

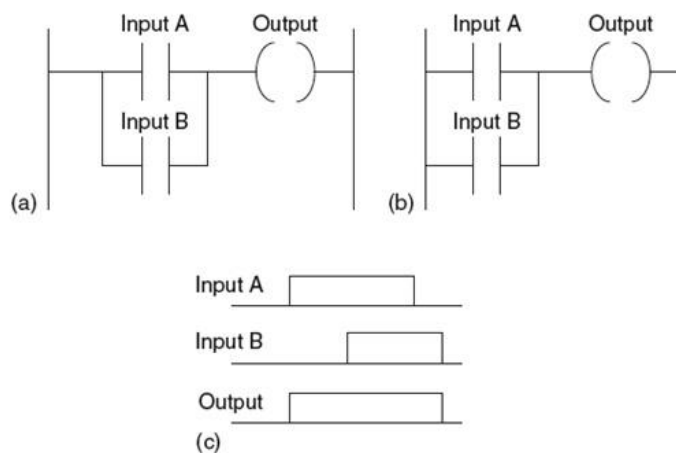
Output ladder diagram tidak dapat aktif apabila salah satu input dalam satu baris tidak aktif. Gambar logika AND diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.7 Ladder Diagram Logika AND

b) Logika OR

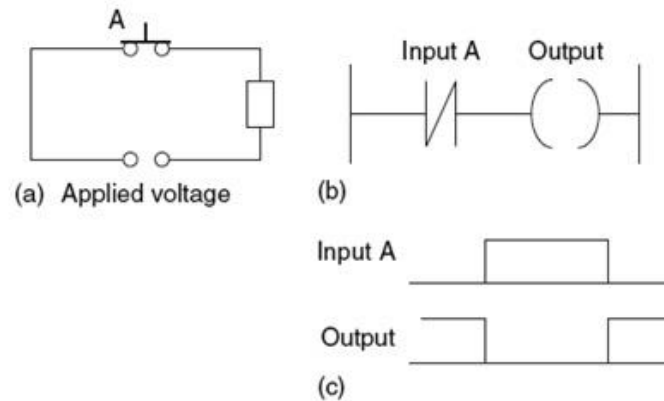
Prinsip kerja logika OR sama dengan gerbang OR, dimana output ladder diagram akan aktif berdasarkan salah satu dari input aktif. Logika OR diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.8 Ladder Diagram Logika OR

c) Logika NOT

Prinsip kerja dari logika NOT yaitu sebagai pemutus atau instruksi OFF. Dimana pada saat 2 alamat address input salah satu tidak aktif maka output akan OFF. Logika NOT diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.9 Ladder Diagram Logika NOT

2.4 Human Machine Interface (HMI)

Merupakan *user interface* dari operator, juga sebagai kontrol sistem dengan tampilan penghubung ke proses *plant*. HMI bekerja berdasarkan kontroler yang digunakan secara integrasi. Dimana penghubung antara HMI dengan kontroler melalui port penghubung hingga terbaca data dari kontrollernya. Port penghubung yang digunakan diantaranya, port USB, port COM, port RS23, dan port SERIAL. Ada beberapa fungsi dari HMI, diantaranya yaitu :

1. Sebagai monitoring proses *plant*.
2. Operator dapat berinteraksi melalui *layout* pada HMI.
3. Operator dapat mengatur nilai parameter proses *plant* pada HMI.
4. Operator dapat mengontrol atau menginstruksikan sesuai keadaan yang diinginkan dalam proses *plant*.
5. HMI dapat memberikan atau memberitahukan tanda peringatan menggunakan alarm jika proses sistem pada *plant* kurang optimal.
6. Dapat memvisualisasikan kejadian sistem pada *plant* secara berkala maupun *realtime*.

Contoh visualisasi proses plant pada HMI ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10 Layout Sistem Proses *Plant* pada HMI

2.4.1 Fitur – Fitur HMI

Setiap tipe atau *merk* pada HMI memiliki fitur–fitur unggulan yang tergantung dari spesifikasi HMI tersebut. Namun fitur – fitur yang biasanya ada pada HMI adalah:

1. Informasi *Plant* : Variabel proses, status peralatan, alarm, *lup control*, dan *database*.
2. Metode Presentasi : Grafik, *report*, animasi.

Fitur pada HMI mempunyai bagiannya masing-masing, berikut beberapa bagian dari HMI :

1. Tampilan

Terdapat 2 macam tampilan pada HMI yaitu tampilan obyek statis dan tampilan obyek dinamis

- Obyek statis yaitu tampilan yang berhubungan dengan status *plant*
- Obyek dinamik yaitu tampilan dimana operator dapat berinteraksi dan melakukan kontrol sistem menggunakan *layout* HMI pada proses *plant*

2. Alarm

Digunakan sebagai tanda peringatan pada proses *plant*. Dimana alarm pada HMI dapat di sesuaikan dengan keadaan pada *plant* menyesuaikan dengan konfigurasi yang terprogram pada HMI dan kontroler.

3. Trending

Layout proses *plant* pada HMI dapat divisualisasikan secara grafik berwarna atau nyata secara *historical*.

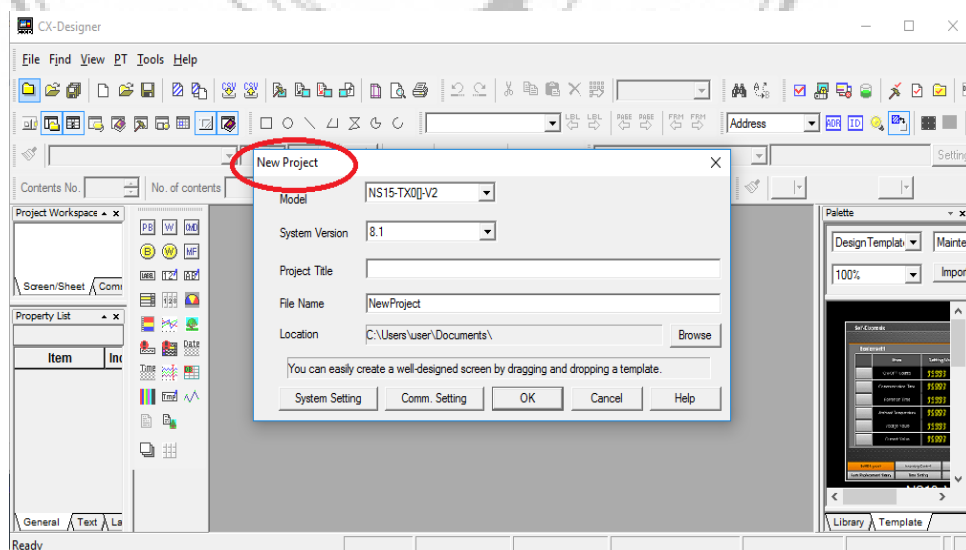
4. Reporting

Beberapa komponen pada HMI berfungsi sebagai reporting, dimana suatu proses pada *plant* dapat diketahui hasil kegiatan atau data proses secara analog sistem diketahui oleh operator secara spesifik.

\ 2.4.2 Pemrograman HMI

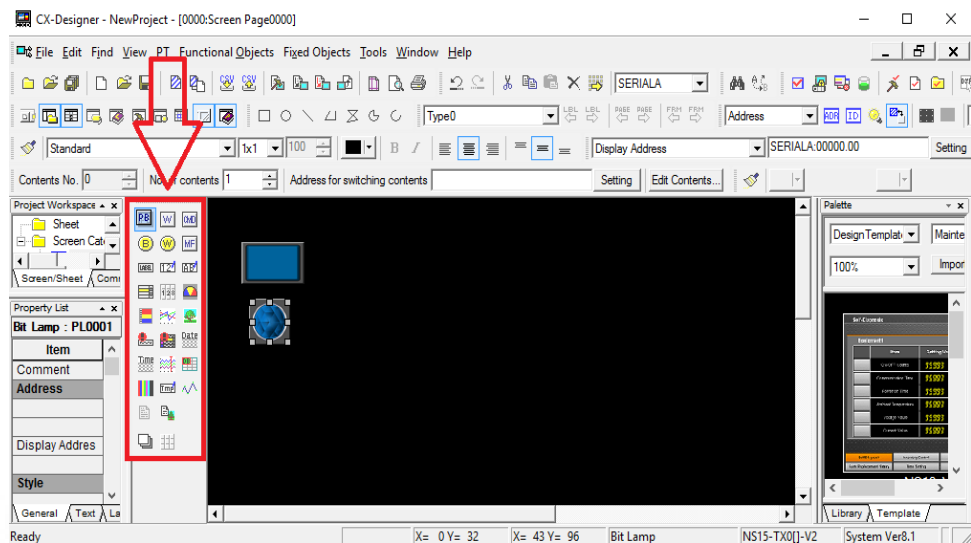
Pemrograman pada HMI dilakukan untuk mengintegrasikan HMI dengan kontroler. Setiap *layout* pada HMI mempunyai fungsi dan peran masing-masing, dimana setiap alamat komponen *layout* disesuaikan dengan proses keadaan yang ada di *plant*. Dalam perancangan sistem kontrol dan monitoring menggunakan HMI pemrograman dikonfigurasi menggunakan software melalui *programming device*. Yaitu sebuah media untuk memprogram dan mendesain *layout* HMI menyesuaikan sistem yang diinginkan pada proses *plant*. Berikut proses pembuatan *layout* pada HMI menggunakan software CX-Designer.

1. Pertama buka software cx-designer, selanjutnya klik “file, new project”. Setelah itu keluar tampilan jendela untuk menyesuaikan tipe dan model HMI yang digunakan.



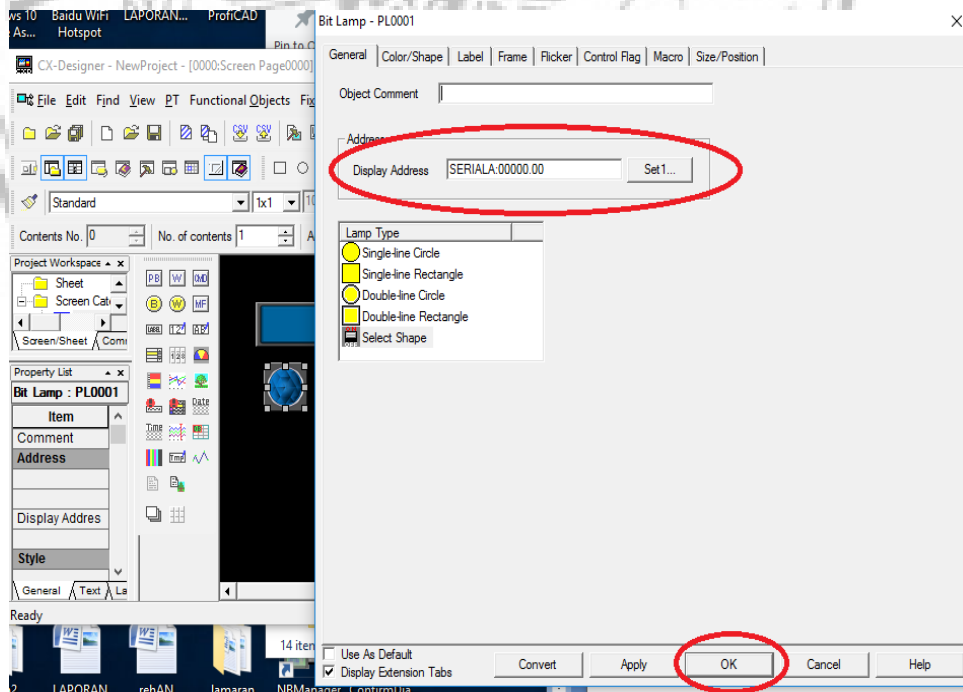
Gambar 2.11 Konfigurasi Tipe HMI Pada Software CX-Designer

2. Selanjutnya memilih obyek proses plant yang digunakan pada menu *Functional Object*.



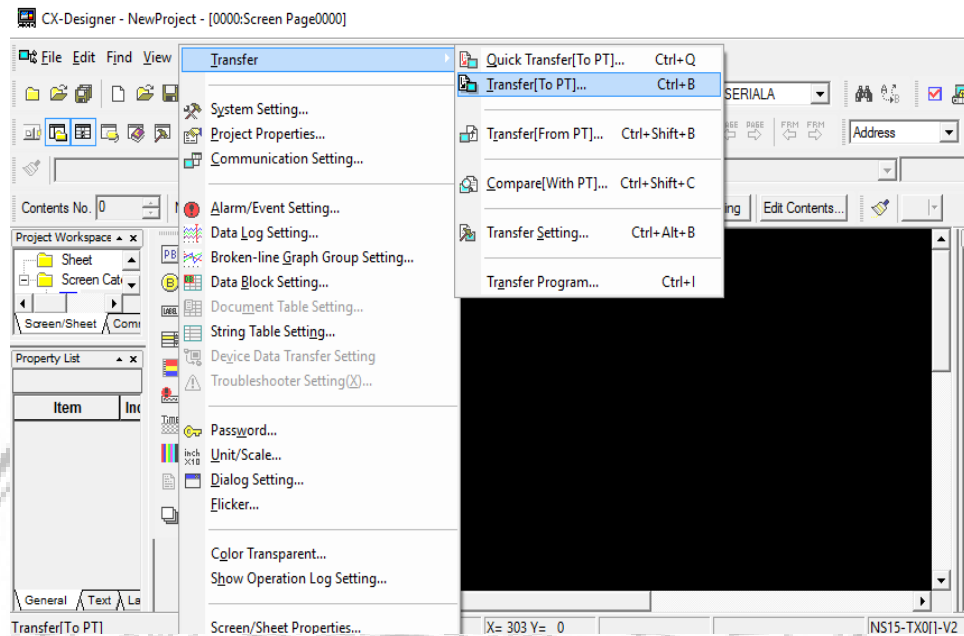
Gambar 2.12 Menentukan Layout pada HMI

3. Selanjutnya konfigurasi pengalaman pada *layout* HMI dengan cara mengklik 2 kali layout, setelah itu muncul jendela untuk menentukan alamat address yang diinginkan. Setelah menentukan alamat address klik “ok”.

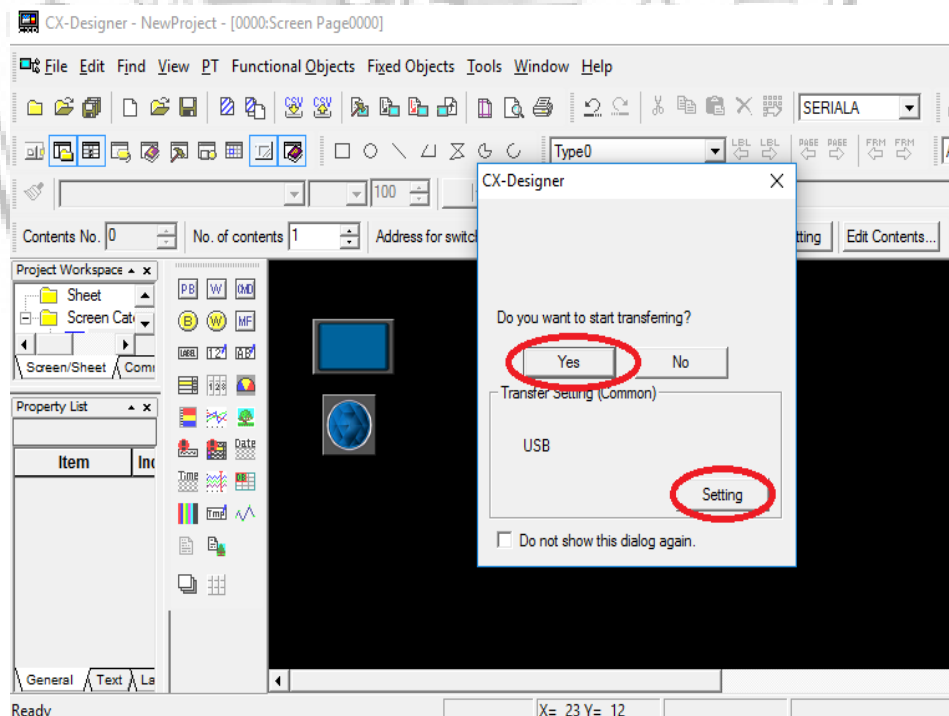


Gambar 2.13 Menentukan Alamat Address pada Layout HMI

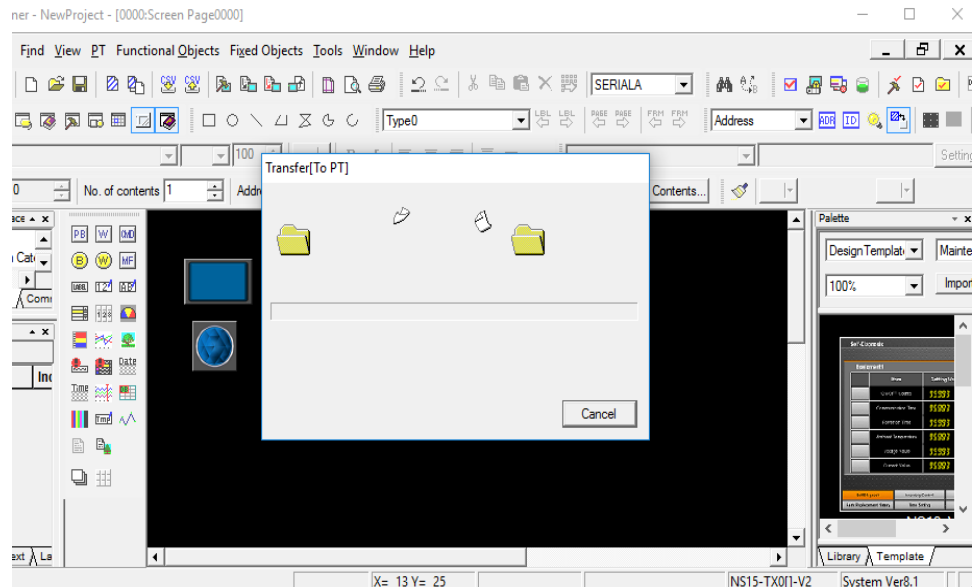
4. Setelah perancangan HMI sudah dibuat, untuk mentransfer program ke HMI klik menu PT, Transfer, Transfer to PT. Maka program desain layout pada HMI akan ditampilkan dan terintegrasi dengan HMI. Urutan langkah program diperlihatkan pada gambar berikut:



Gambar 2.14 Mentransfer Layout Program ke HMI



Gambar 2.15 Menentukan Jenis Penghubung Antara PC dengan HMI



Gambar 2.16 Proses Transfer dari PC ke HMI

Setelah proses transfer selesai maka *display* pada HMI akan menyesuaikan *layout* yang ditransfer dari PC. Selanjutnya HMI akan terintegrasi dengan alamat address yang dimasukan dan HMI siap digunakan untuk mengontrol dan monitoring proses *plant* secara tersistem.

2.5 Sensor Level Bahan Bakar

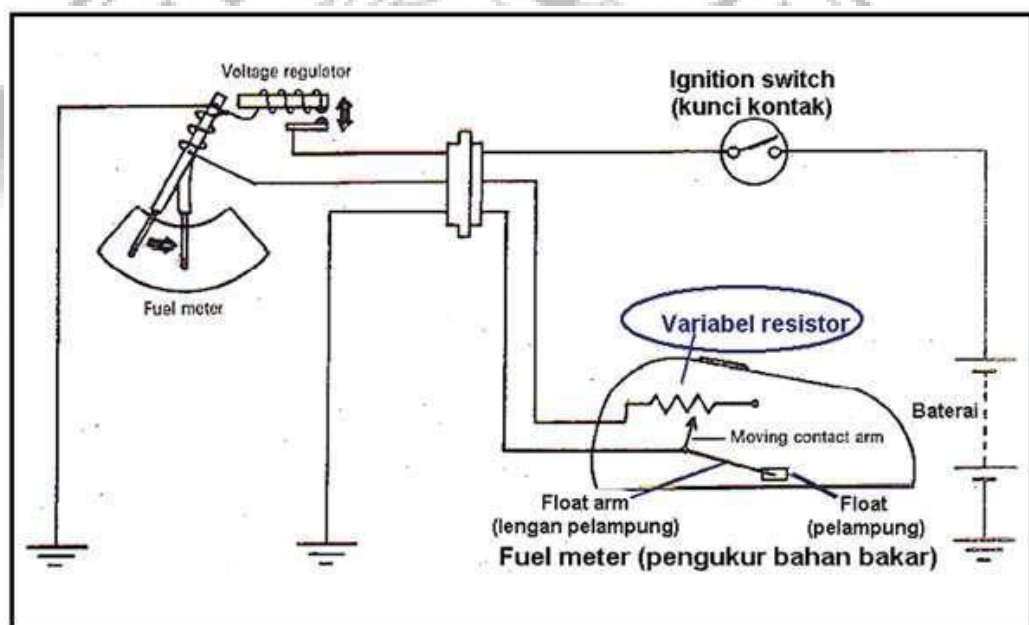
Fuel level / sensor pelampung merupakan komponen untuk mengindikasi atau mengetahui tingkat level bahan bakar yang berada pada tangki. Untuk dapat digunakan sesuai dengan fungsinya, *fuel level* harus dihubungkan dengan komponen pendukung lainnya atau pengukur bahan bakar (*fuel level meter*). Gambar sensor level bahan bakar minyak diperlihatkan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Sensor Level Bahan Bakar Minyak

Fuel level bekerja menggunakan prinsip variable resistor / potensiometer. Yang jika potensiometer diputar ke kiri maka nilai tahanan membesar, dan jika diputar ke kanan maka nilai tahanan yang dihasilkan kecil. Begitu juga pada *fuel level* pada saat level tangki turun, maka nilai tahanan yang dihasilkan *fuel level* menjadi besar. Begitu sebaliknya, jika level pada tangki naik, maka nilai tahanan yang dihasilkan *fuel level* menjadi kecil.

Bekerjanya *fuel level* berdasarkan dari tinggi rendahnya bahan bakar yang ada didalam tangki melalui perantaraan lengan pelampung, pelampung bahan bakar, serta lengan penghubung atau disebut juga *moving contact arm*. Perpindahan atau pergeseran dari lengan penghubung, *fuel level* akan merubah besar kecilnya tahanan yang dihasilkan. Sistem kerja *fuel level* ditunjukkan pada gambar 2.18.

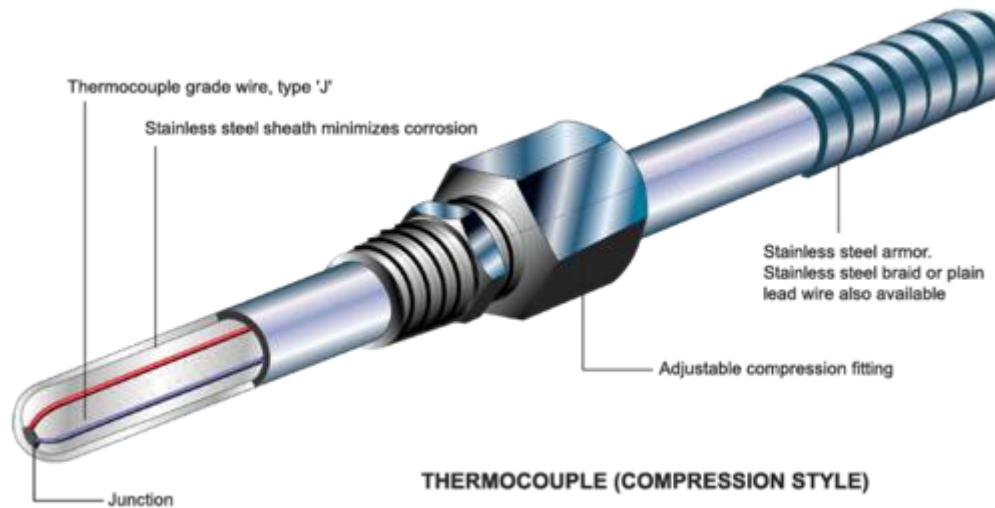


Gambar 2.18 Sistem Kerja *Fuel Level*

2.6 Sensor Termokopel

Thermocouple atau termokopel merupakan jenis sensor suhu yang kegunaannya untuk mendeteksi dan mengukur suhu menggunakan dua jenis logam konduktor yang berbeda dan digabung pada masing-masing ujungnya, sehingga hasil logam konduktor menimbulkan efek *thermo-elektrik*. Efek *thermo-elektrik* ditemukan oleh fisikawan Estonia yang bernama *Thomas Johan Seebeck*

pada tahun 1821, dimana prinsip kerja termokopel dari sebuah logam konduktor yang diberi 2 perbedaan panas secara *gradient*, maka akan menghasilkan perbedaan potensial antara 2 ujung logam hingga menimbulkan tegangan listrik. Tegangan yang dihasilkan diantara dua persimpangan (*junction*) dinamakan dengan efek *Seebeck*. Dapat dilihat skema bentuk sensor temokopel pada gambar 2.19.

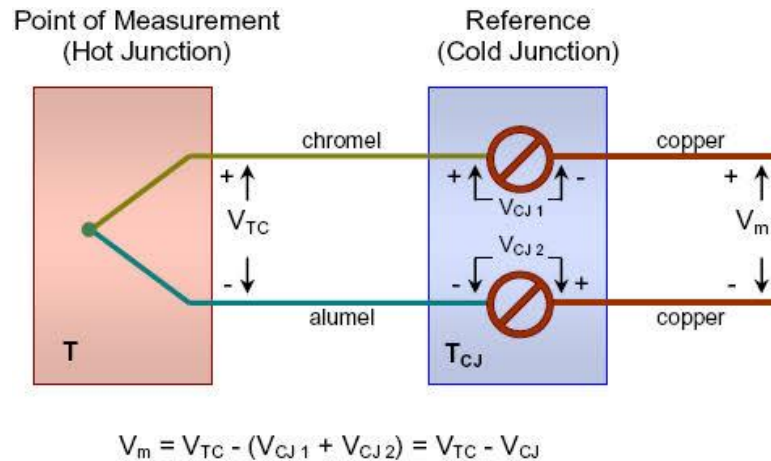


Gambar 2.19 Skema Bentuk Sensor Termokopel

Beberapa kelebihan termokopel yaitu responnya yang cepat terhadap perubahan pada suhu, juga rentang suhu opsionalnya yang luas yaitu dengan skala suhu berkisar antara -200°C - 2000°C . Selain respon yang cepat dan rentang suhu yang luas, termokopel juga tahan terhadap guncangan/getaran dan mudah digunakan pada suatu alat maupun komponen mesin yang bergetar.

2.6.1 Prinsip Kerja Termokopel

Pada dasarnya termokopel terdiri dari dua buah logam konduktor yang jenisnya berbeda dan pada masing-masing ujungnya digabungkan. Salah satu jenis logam konduktor pada termokopel berfungsi sebagai tegangan referensi dengan logam yang konstan (tetap), sedangkan logam yang satunya lagi sebagai konduktor untuk mengindikasikan suhu panas. Prinsip kerja termokopel ditunjukkan pada gambar 2.20.



Gambar 2.20 Prinsip Kerja Termokopel

Berdasarkan pada gambar di atas, ketika kedua persimpangan memiliki suhu yang sama, maka nilai yang dihasilkan beda potensial yang melalui dua persimpangan adalah “NOL” atau $V_1 = V_2$. Tapi, ketika persimpangan logam konduktor yang terhubung pada rangkaian diberikan suhu panas atau obyek pengukuran, maka akan terjadi perbedaan suhu diantara kedua persimpangan logam tersebut yang kemudian menghasilkan beda potensial yang nilainya sebanding dengan suhu panas yang diterimanya atau $V_1 - V_2$. Beda potensial yang ditimbulkan sekitar $1\mu V - 70\mu V$ pada tiap derajat celcius. Tegangan yang dihasilkan tersebut kemudian akan dikonversikan sesuai obyek yang dipanaskan, sehingga menghasilkan pengukuran yang dapat dimengerti.

2.6.2 Jenis – Jenis Termokopel

Sensor termokopel tersedia dalam berbagai ragam rentang suhu dan jenis bahan yang digunakan. Berikut adalah jenis dan tipe termokopel yang digunakan berdasarkan Standar Internasional.

1. Termokopel dengan Tipe E

Bahan logam konduktor (positif)	: Nikle–Chromium
Bahan logam konduktor (negatif)	: Constantan
Rentang suhu	: $-200^{\circ}C - -900^{\circ}C$

2. Termokopel dengan Tipe J

Bahan logam konduktor (positif)	: Iron (Besi)
Bahan logam konduktor (negatif)	: Constantan
Rentang suhu	: $0^{\circ}C - 750^{\circ}C$

3. Termokopel dengan Tipe K

Bahan logam konduktor (positif)	: Nikle–Chromium
Bahan logam konduktor (negatif)	: Nikle–Alumunium
Rentang suhu	: -200 ° C- -1250 ° C
4. Termokopel dengan Tipe N

Bahan logam konduktor (positif)	: Nikrosil
Bahan logam konduktor (negatif)	: Nisil
Rentang suhu	: 0 ° C- -1250 ° C
5. Termokopel dengan Tipe T

Bahan logam konduktor positif	: Copper (Tembaga)
Bahan logam konduktor negatif	: Constantan
Rentang suhu	: -200 ° C - -350 ° C
6. Termokopel dengan Tipe U

Bahan logam konduktor (positif)	: Copper (Tembaga)
Bahan logam konduktor (negatif)	: Copper-Nickel
Rentang suhu	: 0 ° C- -1450 ° C

2.7 Buzzer

Buzzer merupakan sebuah komponen elektronik yang berfungsi untuk merubah getaran listrik menjadi getaran suara. Pada dasarnya prinsip kerja dari *buzzer* hampir menyerupai dengan *loud speaker*. Rancangan *buzzer* terdiri dari diafragma yang terpasang kumparan kemudian kumparan dialiri arus sehingga menjadi elektromagnet. Kumparan akan tertarik ke dalam maupun keluar tergantung dengan arah arus serta polaritas elektromagnet karena kumparan terpasang pada diafragma, maka pada setiap gerakan kumparan akan menggerakkan diafragma secara bolak – balik, selanjutnya udara bergetar dan menghasilkan suara. Buzzer sering digunakan sebagai indikator suara (*alarm*). Gambar buzzer dilihatkan pada gambar 2.21.



Gambar 2.21 Buzzer